

儿童骨密度下降：PFAS 另一个潜在健康影响

Charles W. Schmidt

<https://doi.org/10.1289/EHP6519-zh>

全氟及多氟烷基（Per- and polyfluoroalkyl substances, PFAS）是迄今为止最稳定的工业化合物之一。^{1,2}几十年来，它们被用于制作不粘炊具、防污织物、消防泡沫以及其他产品，它们可以在环境中无限期地存在，并在暴露的人体内积聚。³一项针对成年人的研究发现，血液中 PFAS 含量较高与骨密度较低相关联，而骨密度较低是骨质疏松症的危险信号。⁴最近发表在《环境与健康展望》（*Environmental Health Perspectives*）上的一项研究提供了新的证据，证明这些化学物质与儿童骨密度较低有关联。⁵

骨量在儿童时期快速累积，并在接近 20 岁或 20 岁出头时达到峰值。⁶因此，“在儿童和青少年时期确定影响骨骼健康的环境因素，可以为预防性干预措施提供参考，从而避免晚年骨折风险产生潜在的巨大影响，”波特兰市缅因州

医学中心研究所（Maine Medical Center Research Institute）的儿科内分泌学家、通讯作者 Abby Fleisch 说道。

在这项研究中，Fleisch 的团队综述了相关儿童的数据，这些儿童来自名为“Viva”的项目，是一项母亲和子女的长期研究。⁷在哈佛医学院的部分资助下，Viva 项目在 1999 年至 2002 年间招募了 2000 多名孕妇，至今仍对这些母亲和孩子进行跟踪研究。Fleisch 和她的同事将重点放在了由 576 名儿童组成的分组，这些儿童在 6 至 10 岁时接受了骨密度扫描，并提供了血浆样本进行化学分析。研究人员将分析范围缩小到 6 种最常见的 PFAS：全氟辛酸类（perfluorooctanoic acid, PFOA）总异构体、全氟辛烷磺酸类（perfluorooctane-sulfonic acid, PFOS）总异构体、全氟癸二酸类（perfluorodecanoic acid, PFDA）、全氟己烷磺酸类（perfluorohexane



年轻时骨密度的峰值，可以有力地预示一个人晚年时对骨质疏松症的易感性。⁸如果有证据表明 PFAS 会影响骨密度，那么儿童时期的暴露可能对骨骼健康产生长期影响。Image: © iStockphoto/nkbimages.

sulfonic acid)、*N*-甲基全氟辛烷磺胺乙酸类 (N-methyl perfluorooctane sulfonamidoacetic acid) 和全氟壬酸类 (perfluoronanoic acid)。他们用 z 值来表示骨密度， z 值是表示年龄、性别、种族和身高的标准化值。

为了得出结果，作者使用线性回归模型来观察低 z 值（表明骨密度越低）是否与个体较高的 PFAS 血浆浓度有关联。此外，他们还使用了一种叫做加权分位数和 (weighted quantile sum, WQS) 回归的方法来检验 z 值与 PFAS 混合物的整体相关性。

根据分析，较高的个体 PFAS 浓度与较低的 z 值相关联，预计其与 PFOA、PFOS 和 PFDA 的关联性最强。PFAS 混合物也有类似的关联。具体而言，WQS 指数的每一次递增都与骨密度的 z 值递减相关联。

大多数孩子来自具有相对较高的社会经济背景的家庭，而且他们的母亲受过大学教育。Fleisch 承认，这可能会局限了研究结果在更广泛人群中的普遍性。她指出，较富裕的家庭可能“更倾向于使用含有 PFAS 的物品，比如具有防污渍特性的地毯和家具。”

莱特州立大学 (Wright State University) 的副教授 Naila Khalil (没有参与这项研究) 指出，“研究人员更倾向于关注 PFAS 暴露对软组织和免疫系统的影响。对骨骼的影响很难展开研究，尤其是在成长中的儿童。这使得本论文成为对 PFAS 及其对骨骼健康影响为数不多研究的有力补充。”

芬兰奥卢大学 (University of Oulu) 专门研究骨骼发育的内科医生、研究员 Antti Koskela 指出了这项研究的几项优势。Koskela (未参与这项研究) 特别提到了大量的参与

者、复杂的 PFAS 混合物对骨骼健康的评估，以及使用全身双能X射线吸收仪测量骨密度，这被认为是测量的黄金标准方法。“这些数据证实了先前的发现，并强调了对儿童 PFAS 暴露的担忧，”他说道。“[对潜在的骨骼影响]担忧不再只针对成年人。”

Charles W. Schmidt. 居住在缅因州波特兰市，获奖科普作家，为《科学美国人》(Scientific American)、《科学》(Science)、Underdark、《自然》(Nature) 系列出版物，以及许多其他杂志、研究期刊和网站撰稿。

References

1. Ahrens L, Bundschuh M. 2014. Fate and effects of per- and polyfluoroalkyl substances in the aquatic environment: a review. Environ Toxicol Chem 33(9):1921–1929, PMID: 24924660, <https://doi.org/10.1002/etc.2663>.
2. Lindstrom AB, Strynar MJ, Libelo EL. 2011. Polyfluorinated compounds: past, present, and future. Environ Sci Technol 45(19):7954–7961, PMID: 21866930, <https://doi.org/10.1021/es2011622>.
3. National Institute of Environmental Health Sciences. 2020. Perfluoroalkyl and Polyfluoroalkyl Substances (PFAS). [Website.] Reviewed 7 February 2020. <https://www.niehs.nih.gov/health/topics/agents/pfc/index.cfm> [accessed 24 March 2020].
4. Hu Y, Liu G, Rood J, Liang L, Bray GA, de Jonge L, et al. 2019. Perfluoroalkyl substances and changes in bone mineral density: a prospective analysis in the POUNDS-LOST study. Environ Res 179(Pt A):108775, PMID: 31593837, <https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.108775>.
5. Cluett R, Seshasayee SM, Rokoff LB, Rifas-Shiman SL, Ye X, Calafat AM, et al. 2019. Per- and polyfluoroalkyl substance plasma concentrations and bone mineral density in midchildhood: cross-sectional study (Project Viva, United States). Environ Health Perspect 127(8):87006, PMID: 31433236, <https://doi.org/10.1289/EHP4918>.
6. Gordon CM, Zemel BS, Wren T, Leonard MM, Bachrach LB, Rauch F, et al. 2017. The determinants of peak bone mass. J Pediatr 180:261–269, PMID: 27816219, <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2016.09.056>.
7. Project Viva. 2012. The History of Project Viva. <https://www.hms.harvard.edu/viva/project-viva-history.html> [accessed 24 March 2020].
8. Krafick AE, Zemel BS. 2020. Evolutionary perspectives on the developing skeleton and implications for lifelong health. Front Endocrinol (Lausanne) 11:99, PMID: 32194504, <https://doi.org/10.3389/fendo.2020.00099>.